

ICS 29.080

K 04

备案号: 17676-2006

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 474.5 — 2006

代替 DL 474.5 — 1992

现场绝缘试验实施导则

避雷器试验

Guide for insulation test on site

Lightning arrester tests

2006-05-06 发布

2006-10-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	58
1 范围	59
2 规范性引用文件	59
3 避雷器试验项目	59
4 绝缘电阻的测量	60
5 电导电流和直流 1mA 下的电压 U_{1mA} 及 $0.75U_{1mA}$ 下漏电流的测量	60
6 避雷器的工频放电电压试验	63
7 外施电压下交流泄漏电流、阻性电流分量和工频参考电压的测量	64
8 运行中带电监测避雷器的方法	65
9 密封情况检查	67
10 阀型避雷器放电记录器的检查	67
附录 A (资料性附录) 低压 (220V、380V) 金属氧化物避雷器试验方法	68
附录 B (资料性附录) 金属氧化物避雷器试验用仪器仪表原理简介	69

前 言

本标准是根据《国家发展和改革委员会办公厅关于印发 2005 年行业标准项目计划的通知》（发改办工业〔2005〕739 号文）的安排，对 DL 474.5—1992 进行的修订。

修订后与原版本相比有以下主要变化：

——修订了金属氧化物避雷器的检测方法。

——修订了原导则中现场试验所用仪器仪表的内容。

——将原导则中的介绍仪器仪表原理部分归到附录 B 中。

本标准实施后代替 DL 474.5—1992。

本标准的附录 A、附录 B 为资料性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业高电压试验技术标准化委员会归口并负责解释。

本标准起草单位：中国电力科学研究院、华北电力科学研究院有限责任公司、安徽省电力科学研究院。

本标准起草人：林毅、王剑、邓春、王天君、郭守贤。

本标准 1992 年 11 月 3 日首次发布，本次为第一次修订。

现场绝缘试验实施导则

避雷器试验

1 范围

本标准提出了阀型避雷器〔包括碳化硅普通阀型（FZ 和 FS）、碳化硅磁吹阀型（FCZ 和 FCD）以及金属氧化物等避雷器〕常规试验项目的具体试验方法、技术要求和注意事项等技术细则。

本标准适用于在发电厂、变电所现场和在修理车间、试验室等条件下对避雷器进行常规试验。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 7327	交流系统用碳化硅阀式避雷器（neq IEC 60099—1）
GB 11032	交流无间隙金属氧化物避雷器（eqv IEC 60099—4:1991）
DL/T 596	电力设备预防性试验规程

3 避雷器试验项目

运行中阀型避雷器的常规试验项目列于表 1。

表 1 阀型避雷器的常规试验项目表

序号	试验项目	碳化硅避雷器		金属氧化物避雷器		本标准条号
		普通阀型（FZ） 磁吹阀型（FCZ、FCD）	配电型（FS）	无间隙（YW、YHW 或 HYW）	配电型有串联间隙（YC）	
1	测量绝缘电阻	√	√	√	√	4
2	测量电导电流及检查串联组合元件的非线性系数差值	√ (有条件时可用带电测量交流电导电流代替)				5.2
3	测量直流电 1mA 下电压 U_{1mA} 及 $0.75U_{1mA}$ 下的漏电流			√		5.3
4	测量工频放电电压	√ (解体大修后)	√		√	6
5	测量外施运行电压下的交流泄漏电流			√ (有条件时可用带电测量工频泄漏电流的全电流和阻性电流分量代替)		7.1
6	运行中带电监测工频电导（或泄漏）电流的全电流和阻性电流分量	√		√		8.1

表 1 (续)

序号	试验项目	碳化硅避雷器		金属氧化物避雷器		本标准条号
		普通阀型 (FZ) 磁吹阀型 (FCZ、FCD)	配电型 (FS)	无间隙 (YW、YHW 或 HYW)	配电型有串联间隙 (YC)	
7	采用红外线测温仪对金属氧化物避雷器进行带电监测			√		8.2
8	测量工频参考电压			√ (需要时进行)		7.2
9	检查密封情况	√ (解体大修后)		√ (解体大修后)		9
10	放电记录器动作试验	√		√		10
11	测量基座绝缘瓷柱的绝缘电阻	√		√		4

注 1: 避雷器解体大修后的其他试验项目及标准根据制造厂技术条件自行规定。
注 2: 保护旋转电机弱绝缘用的有并联间隙金属氧化物避雷器 (例如: Y3B, Y1B 型) 的试验项目, 按照 GB11032 的规定; 电站型有串联间隙金属氧化物避雷器 (例如: YCZ 等) 和其他新生产的避雷器的试验项目, 按制造厂规定。
注 3: 低压金属氧化物避雷器的试验见附录 A。

4 绝缘电阻的测量

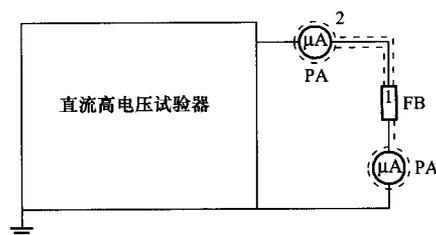
测量避雷器的绝缘电阻, 目的在于初步检查避雷器内部是否受潮; 有并联电阻者可检查其通、断、接触和老化等情况。一般使用 2500V 兆欧表测量; 220V、380V 等级低压避雷器使用 500V 兆欧表测量。

5 电导电流和直流 1mA 下的电压 U_{1mA} 及 $0.75U_{1mA}$ 下漏电流的测量

普通阀型 FZ 避雷器及磁吹阀型避雷器要求测量电导电流及检查串联组合元件的非线性系数差值; 对无串联间隙的金属氧化物避雷器则要求测量直流 1mA 下的电压 U_{1mA} 及 $75\%U_{1mA}$ 下的漏电流。

5.1 试验接线和技术要求

电导电流和直流 1mA 下的电压 U_{1mA} 及 $0.75U_{1mA}$ 下漏电流的试验接线与一般直流泄漏试验接线相同, 如图 1 所示。试验设备可采用市售的成套直流高电压试验器。也可采用自行搭建的直流高电压试验器, 此时直流高电压试验器的整流回路中应加滤波电容器 C, 其电容量为 $0.01\mu F \sim 0.1\mu F$ 。



1~2—微安表位置; FB—被试避雷器; PA—微安表

图 1 电导电流试验原理接线图

5.2 试验电压、电导电流和非线性系数 α 值

5.2.1 试验电压和电导电流标准

测量电导电流的直流试验电压标准见表 2。由两个及以上元件组成的避雷器, 应对每一个元件进行

试验。

表2 测量避雷器电导电流的直流试验电压

kV

避雷器型号	FZ					
	元件额定电压	3	6	10	15	20
试验电压	4	6	10	16	20	24
避雷器型号	FCZ	FCZ	FCZ	FCZ	FCZ	FCX
额定电压	35	110	220	330	500	500
试验电压	50	110	110	160	160	180

电导电流差值 ΔI (%), 指同一相内串联组合元件或并联电阻的最大电导电流与最小电导电流之差, 与最大值之比, 即:

$$\Delta I = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max}} \times 100\% \quad (1)$$

要求同一相避雷器内串联组合元件的电导电流差值 ΔI (%) 不应大于 30%。

5.2.2 直流电压的测量

试验电压应在高压侧测量, 推荐用高阻器串微安表 (或用电阻分压器接电压表) 测量, 不推荐用静电电压表测量, 因有时误差较大, 尤其是高于 30kV 的静电电压表更不宜使用。也不能使用成套装置上的仪表测量。测量系统应经过校验。测量误差不应大于 2%。

5.2.3 电导电流的测量

测量电导电流时, 应尽量避免电晕电流、杂散电容和表面潮湿污秽的影响。

一般将微安表接在图 1 中微安表 2 的位置, 此时从微安表到避雷器的引线需加屏蔽, 分压器高压侧应接在微安表的电源侧, 读数时注意安全。如避雷器的接地端可以断开时, 微安表可接在避雷器的接地端, 如图 1 中微安表 1 的位置, 应注意避免避雷器潮湿或污秽对测量结果的影响, 必要时可考虑加装屏蔽环。

测量电导电流的微安表, 其准确度宜不大于 1.5 级。

5.2.4 非线性系数 α 的确定

为了测定非线性系数 α 值, 应测量在试验电压 U_1 、 U_2 条件下的相应电导电流 I_1 、 I_2 。非线性系数 α 按下式计算:

$$\alpha = \lg \frac{U_2}{U_1} / \lg \frac{I_2}{I_1} \quad (2)$$

式中:

U_1 、 U_2 ——试验电压, $U_2=0.5U_1$, kV (见表 2);

I_1 ——电压 U_1 时测得的电导电流, μA ;

I_2 ——电压 U_2 时测得的电导电流, μA 。

也可根据 I_1/I_2 值从 DL/T 596—1997 中附录 G5 直接查得避雷器的非线性系数 α 值。

非线性系数差值, 为串联元件中两个元件的非线性系数的相差值 $\Delta\alpha=\alpha_1-\alpha_2$ 。FZ 型避雷器的 α 一般在 0.25~0.45 之间, 要求同组 (一相) 各元件的 $\Delta\alpha$ 不大于 0.05。

5.3 直流 1mA 下的电压 $U_{1\text{mA}}$ 及 0.75 $U_{1\text{mA}}$ 下漏电流的测量

5.3.1 直流 1mA 下的电压 $U_{1\text{mA}}$ 为无间隙金属氧化物避雷器通过 1mA 直流电流时, 被试品两端的电压值。0.75 $U_{1\text{mA}}$ 电压下的漏电流, 为试品两端施加 75% 的 $U_{1\text{mA}}$ 电压, 测量流过避雷器的直流漏电流。 $U_{1\text{mA}}$ 和 0.75 $U_{1\text{mA}}$ 下漏电流是判断无间隙金属氧化物避雷器质量状况的两个重要参数, 运行一定时期后, $U_{1\text{mA}}$

和 $0.75U_{1mA}$ 下漏电流的变化能直接反映避雷器的老化、变质程度。特别是对采用大面积金属氧化物电阻片组装的避雷器和多柱金属氧化物电阻片并联的避雷器，用此方法很容易判断它们的质量缺陷。

5.3.2 U_{1mA} 值应符合 GB11032 中的规定，并且与初始值或与制造厂给定值相比较，对于 35kV 及以下中性点非直接接地的避雷器或采用面积为 20cm^2 及以下规格金属氧化物电阻片组装的避雷器，变化率应不大于 $\pm 5\%$ ；对于 35kV~220kV 中性点直接接地的避雷器或采用面积为 $25\text{cm}^2\sim 45\text{cm}^2$ 规格金属氧化物电阻片组装的避雷器，变化率应不大于 $\pm 10\%$ ；对于 220kV 以上中性点直接接地的避雷器和多柱金属氧化物电阻片并联的避雷器或采用面积为 50cm^2 及以上规格金属氧化物电阻片组装的避雷器，变化率应不大于 $\pm 20\%$ 。

5.3.3 $0.75U_{1mA}$ 下的漏电流值与初始值或与制造厂给定值相比较，变化量增加应不大于 2 倍，且漏电流值应不大于 $50\mu\text{A}$ 。对于多柱并联和额定电压 216kV 以上的避雷器，漏电流值应不大于制造厂标准的规定值。

测量 $0.75U_{1mA}$ 下漏电流时的 U_{1mA} 电压值应选用 U_{1mA} 初始值或制造厂给定的 U_{1mA} 值。

5.3.4 避雷器的 U_{1mA} 值和 $0.75U_{1mA}$ 下的漏电流值两项指标中有一项超过上述要求时，应查明原因，若确系老化造成的，宜退出运行。但当这两项指标同时超过上述要求时，应立刻退出运行。

5.3.5 测量 U_{1mA} 值和 $0.75U_{1mA}$ 下的漏电流值时，宜使用专用的成套装置。使用专用的成套装置测量时，宜在被试品下端与接地网之间（此时被试品的下端应与接地网绝缘）串联一只带屏蔽引线的电流表，电流表精度应高于成套装置上的仪表，当两只电流表的指示数值不同时，应以外部串联的电流表读数为准。测量系统应经过校验，测量误差不应大于 2%。测量 $0.75U_{1mA}$ 下漏电流的微安表，其准确度宜不大于 1.5 级。

测量 U_{1mA} 值和 $0.75U_{1mA}$ 下的漏电流值所用设备的直流电压纹波因数必须满足标准规定。由于目前使用的直流电压发生器都是通过整流后将交流电压变成直流电压，因此使用时，应采取一定措施，避免附近的交流电源及直流离子流产生的干扰，影响对所测避雷器质量情况的判断。现场实践表明，在局部停电条件下测试避雷器时，除了所用仪器应有较强的抗干扰性能和应使用比较粗的连接导线外，还应将被试避雷器的高压端用屏蔽环罩住或采取屏蔽措施。必要时，在靠近被试避雷器接地的部位也应加屏蔽环或采取屏蔽措施，将避雷器的外套杂散电流屏蔽掉。天气潮湿时，可用加屏蔽环的方法防止避雷器绝缘外套表面受潮影响测量结果。

5.3.6 不拆引线测量 500kV 避雷器直流 1mA 电压 U_{1mA} 及 $0.75U_{1mA}$ 下漏电流的原理与接线方式。500kV 避雷器一般为三节避雷器元件串联叠装，每节避雷器元件的直流 1mA 参考电压 U_{1mA} 为 210kV 左右。为降低拆装 500kV 避雷器高压端引线对避雷器端部的应力损伤，宜采用不拆引线测量 500kV 避雷器直流 1mA 电压 U_{1mA} 及 $0.75U_{1mA}$ 下漏电流的方法。其原理和接线方式如下：

当不拆高压引线时，避雷器与变压器或 CVT（电容式电压互感器）相连，若在避雷器端部施加电压，则此电压将会传递到变压器中性点上，而变压器中性点可能耐受不住这样高的电压，因此，不能采用常规接线测量上节避雷器元件。由于避雷器的阀片是非线性电阻，正、反向加压通过的电流一致，因此，可通过反向加压进行测量，即将避雷器首端通过毫安表接地，在上节避雷器末端施加直流电压。这样，避雷器端部为低电位，CVT 及变压器均不受影响。毫安表测量的仅为上节避雷器元件的电流值，因而测试结果准确、可靠。

三节叠装的避雷器测量直流 1mA 参考电压 U_{1mA} 及 $0.75U_{1mA}$ 下漏电流的试验接线图如图 2、图 3、图 4 所示（四节叠装的避雷器参照执行）。试验时 500kV 线端 A 点直接接地。

第一节避雷器测量时，B 点经电流表 PA 接直流高压，D 点经电流表 PA1 接地。当试验电流 $I-I_1=1\text{mA}$ 时，直流高压发生器输出电压即为第一节避雷器直流 1mA 参考电压 U_{1mA} ，当直流高压发生器输出电压为 $0.75U_{1mA}$ 时，电流 $I-I_1$ 即为 $0.75U_{1mA}$ 时的漏电流。

第二节避雷器测量时，C 点接直流高压，B 点接地，D 点接一只 3kV~10kV 的支撑避雷器或一个电阻箱，然后再经电流表 PA1 接地。电阻箱的电阻值可以分 $5\text{M}\Omega$ 、 $10\text{M}\Omega$ 、 $15\text{M}\Omega$ 和 $20\text{M}\Omega$ 等几档可调节，

使第3节避雷器和支撑避雷器（或电阻箱）通过1mA直流电流时的直流电压之和大于第2节避雷器的直流1mA参考电压 U_{1mA} ，以使得直流高压发生器的负载不至于过大，同时也保证基座上的电压不会击穿基座绝缘。测量时监视PA1与PA示数，若PA1示数 I_1 先达到1mA，则将D处支撑避雷器或电阻箱的电阻值重新选择。当 $I-I_1=1mA$ 时，直流高压发生器输出电压即为第二节避雷器直流1mA参考电压 U_{1mA} 。当直流高压发生器输出电压为 $0.75U_{1mA}$ 时，电流 $I-I_1$ 即为 $0.75U_{1mA}$ 时的漏电流。也可将B点经电流表PA2接地（见图3虚线部分所示），当PA2示数 $I_2=1mA$ 时，直流高压发生器输出电压即为第二节避雷器直流1mA参考电压 U_{1mA} 。当直流高压发生器输出电压为 $0.75U_{1mA}$ 时，PA2所示的电流 I_2 即为 $0.75U_{1mA}$ 时的漏电流。

第三节避雷器测量时，C点接直流高压，D点经电流表接地。当 $I=1mA$ 时，直流高压发生器输出电压即为第三节避雷器直流1mA参考电压 U_{1mA} 。当直流高压发生器输出电压为 $0.75U_{1mA}$ 时，PA中所示的电流即为 $0.75U_{1mA}$ 时的漏电流。另外需要注意的是，测量避雷器直流1mA参考电压 U_{1mA} 以及 $0.75U_{1mA}$ 下漏电流时，如天气潮湿，应尽量采用屏蔽接线。试验时，除了对被试品采用适当屏蔽措施外，还应注意高压引线和测量线的走向。

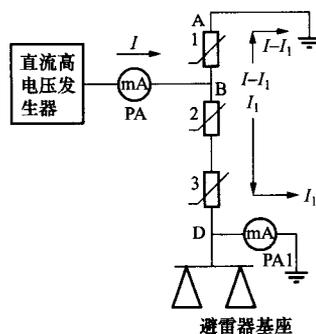


图2 第一节测量接线

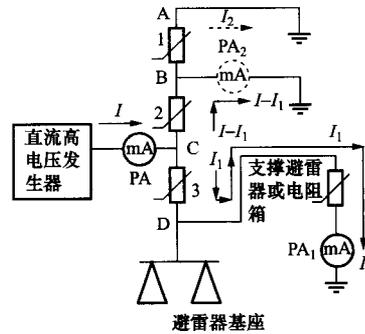


图3 第二节测量接线

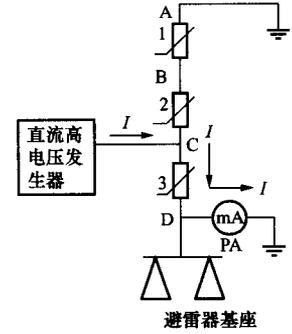


图4 第三节测量接线

5.4 电导电流的温度换算系数

对不同温度下测量的普通阀型或磁吹阀型避雷器电导电流进行比较时，需要将它们换算到同一温度。经验指出，温度每升高 $10^{\circ}C$ ，电流增大 $3\% \sim 5\%$ ，可参照换算。

6 避雷器的工频放电电压试验

6.1 一般要求

测量工频放电电压，是配电型（FS）避雷器和有串联间隙金属氧化物避雷器的必做项目。对每一个避雷器应做三次工频放电试验，每次间隔不小于1min，并取三次放电电压的平均值作为该避雷器的工频放电电压。

对运行中的FZ避雷器，一般不要求做工频放电电压试验，但在解体检修后及必要时，应测量工频放电电压，放电电压值应符合DL/T 596的规定。

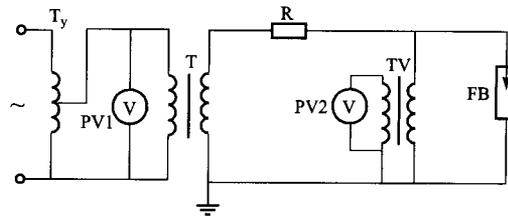
6.2 试验连接

工频放电试验接线与一般工频耐压试验接线相同，接线如图5所示。试验电压的波形应为正弦波，为消除高次谐波的影响，必要时在调压器的电源取线电压或在试验变压器低压侧加滤波回路。

对有串联间隙的金属氧化物避雷器，应在被试避雷器下端串联电流表，用来判别间隙是否放电动作。

6.3 试验回路保护电阻器R的选择

图5中的保护电阻器R，是用来限制避雷器放电时的短路电流的。对不带并联电阻的FS型避雷器，一般取 $0.1\Omega/V \sim 0.5\Omega/V$ ，保护电阻不宜取得太大，否则间隙中建立不起电弧，使测得的工频放电电压偏高。



T_y —调压器； T —工频试验变压器； R —保护电阻； FB —被试避雷器； TV —测量用电压互感器； $PV1$ 、 $PV2$ —电压表

图5 避雷器工频放电试验原理接线图

对有并联电阻的普通阀式避雷器，应在间隙放电后 0.5s 内切断电源，为此在试验回路内还应装设过流速断保护，并使通过被试品的工频电流限制在 0.2A~0.7A 范围内。由于并联电阻的泄漏电流较大，在接近放电电压时，保护电阻上压降较大，这时可以选用阻值较低的电阻器，或不用保护电阻。

有串联间隙的金属氧化物避雷器，由于阀片的电阻值较大，放电电流较小，过流跳闸继电器应调整得灵敏些。调整保护电阻器，将放电电流控制在 0.05A~0.2A 之间，放电后在 0.2s 内切断电源。

6.4 升压速度

对无并联电阻的 FS 型避雷器，升压速度不宜太快（以免由于表计机械惯性引起读数误差），以每秒 3kV~5kV 为宜。

对有并联电阻的避雷器，作工频放电试验时，必须严格控制升压速度，因为并联电阻的热容量小，在接近放电时，如果升压时间较长，会使并联电阻发热烧坏。因此，在 GB 7327 中规定：工频放电试验时，电压超过避雷器额定电压（灭弧电压）后的时间，应尽可能控制在 2s 之内。通常超过灭弧电压以后到避雷器放电的升压时间不得超过 0.2s。为此，通常可改造调压装置使之达到要求。

6.5 工频放电电压的测量

对不带并联电阻的避雷器，在间隙击穿前泄漏电流很微小，在正弦电压波形条件下，可根据低压侧电压表的读数和试验变压器的变比来计算避雷器的放电电压。试验变压器的变比应事前校准，电压表的准确度不得低于 0.5 级。

对有并联电阻的避雷器，应在被试避雷器两端直接测量它的工频放电电压，可用 0.5 级及以上的电压互感器或分压器配合示波器或其他记录仪进行测量，并可同时观察放电电压的波形。应注意在放电时工频电压波形上会叠加高频振荡，其振荡幅值有时会超过工频部分，应以放电瞬时的工频放电电压为准作为放电电压。也可在分压器测量的低压回路中串以数千欧的阻尼电阻，起到抑制高频振荡的作用。这时需要重新校验分压器的分压比。应使用交流峰值电压表测量电压，其准确度不得低于 1.0 级，并注意消除放电高频振荡引起的误差。

7 外施电压下交流泄漏电流、阻性电流分量和工频参考电压的测量

7.1 交流泄漏电流、阻性电流分量和容性电流分量的测量

本试验只适用于金属氧化物避雷器。由于避雷器交流泄漏全电流 I_x 、阻性电流分量 I_r 和容性电流分量 I_c 电流的变化是判断避雷器劣化或受潮情况的重要依据之一，因此规定在交接和现场投运之初，必须测量避雷器的 I_x 、 I_r 和 I_c 电流并以此值为初始值存入运行初始档案。

测量避雷器 I_x 、 I_r 和 I_c 时的电压要求：在试验室条件下或在变电所现场某些停电情况下，应对避雷器（或其串联组合元件）施加避雷器持续运行电压（该电压一般为避雷器额定电压的 0.76~0.80 倍，具体数值见 GB11032 标准）。为了便于现场运行状态下避雷器质量的监督，应同时测量避雷器在现场运行条件下的 I_x 、 I_r 和 I_c ，此时对避雷器施加工频运行相电压。

测量避雷器的 I_x 、 I_r 和 I_c ，应使用专门的金属氧化物避雷器阻性电流测试仪，如使用电子示波器测试时，可采用附录 B 的 B.1 所示的方法进行。

试验时要记录气象条件，当测试时的环境温度高于或低于测试初始值的环境温度时，应将此时所测的阻性分量电流值进行温度换算后，才能与初始值相比较。温度换算的方法可参照 5.4 中所示的温度换算系数，按温度每升高 10℃，电流增大 3%~5% 进行换算。

7.2 工频参考电压的测量

工频参考电压是无间隙金属氧化物避雷器的重要参数之一，它表明阀片的伏安特性曲线饱和点的位置。运行一定时期后，工频参考电压的变化能直接反映避雷器的老化、变质程度。

所谓工频参考电压是指将制造厂规定的工频参考电流（以阻性电流分量的峰值表示，通常约为 1mA~20mA），施加于金属氧化物避雷器，在避雷器两端测得的峰值电压，即为工频参考电压。

由于在带电运行条件下受相邻相间电容耦合的影响，金属氧化物避雷器的阻性电流分量不易测准，当发现阻性电流有可疑迹象时，应测量工频参考电压，它能进一步判断该避雷器是否适于继续使用。

判断的标准是与初始值和历次测量值比较，当有明显降低时就应对避雷器加强监视。进行测量值比较时，应将基准值和被比较值的环境气象因素考虑在内。110kV 及以上的避雷器，参考电压降低超过 10% 时，应查明原因，若确系老化造成的，宜退出运行。

8 运行中带电监测避雷器的方法

8.1 运行中带电监测工频电导（或泄漏）电流的全电流和阻性电流分量

8.1.1 对磁吹和普通阀型避雷器带电监测电导电流

为了在运行中监测避雷器内部是否受潮、内部元件接触是否正常等，可以采用定期测试运行中避雷器对地电导电流的方法，即在避雷器放电记录器两端并接低内阻的交流电流表（例如 MF-20 型或 MF-14 型万用表），用同一电流量程测量，同时记录电压（如图 6 所示）。正常情况下，通过避雷器并联非线性电阻的电流很小，在微安表上测得的电流通常在 500 μ A 以下，一旦内部受潮，泄漏电流大为增加，流过微安表的电流可增加到几毫安甚至几十毫安。由于运行电压往往有所波动，不易定出一个绝对标准来判断是否严重受潮，但可对以往的记录 and 三相进行互相比较，如果电导电流有明显差异，则必须进行处理。

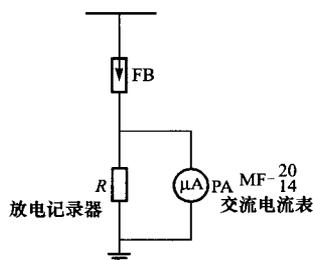


图 6 带电测量磁吹和普通阀型避雷器的原理接线图

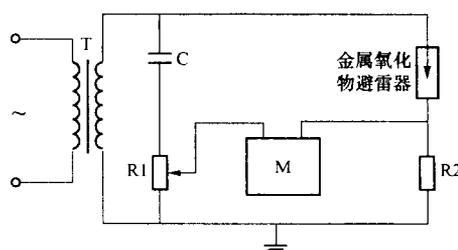
8.1.2 监测金属氧化物避雷器工频泄漏电流的阻性分量和全电流

为了在运行中监测避雷器内部是否受潮、金属氧化物电阻片是否劣化等，可以采用定期测试运行中避雷器工频泄漏电流的阻性分量和全电流的方法，即在避雷器放电记录器两端并接专用的测试仪器。目前常用的带电监测金属氧化物避雷器泄漏电流的专用仪器为：阻性电流测试仪和带漏电流监测功能的避雷器放电计数器。

带漏电流监测功能的避雷器放电计数器的测试原理，和 8.1.1 相类似，当金属氧化物避雷器内部严重受潮时，避雷器的漏电流与初始值相比，可增至两倍及以上，并且增加的趋势会越来越快，因此这种仪器能够有效地检测出避雷器内部严重受潮的情况。但是该仪器反映的漏电流值是避雷器的全电流，而避雷器的全电流是阻性电流分量和容性电流分量的矢量和。在正常情况下避雷器容性电

流分量大、阻性电流分量小；但劣化情况下避雷器的阻性电流分量变大后、容性电流分量却变小，此时避雷器阻性电流分量和容性电流分量矢量相加的结果，使得该仪器所显示的避雷器劣化后的全电流变化并不明显。现场实践表明，当避雷器发生严重劣化导致阻性电流明显上升时，该仪器所测出的避雷器漏电流值却经常处于正常范围内，易造成误判。因此不应使用这种仪器监测运行中的避雷器劣化情况。

阻性电流分量或金属氧化物电阻片的损耗是发现金属氧化物电阻片老化程度的主要判据，同时也能发现避雷器内部严重受潮导致的阻性电流分量或金属氧化物电阻片损耗增大。因此应采用阻性电流测试仪对避雷器进行带电运行监测。专门用来测量金属氧化物避雷器阻性电流分量的专用仪器，通常采用图 7 所示的桥式电路，其测量原理同附录 B 的 B.1 中的图 B.1 (b)。



M—电流表或电子示波器；R1—可变电阻器；R2—电阻器；

T—试验变压器；C—标准电容器

图 7 测量金属氧化物避雷器阻性电流分量的专用桥式电路

目前用于避雷器阻性电流测试的仪器主要分为两类：

一类是同时需用运行相电压的桥式补偿电路或类似的电子仪器，接线方式见图 8。试验时将电压监测盒接到 CVT 二次端子上，将带有磁屏蔽罩的钳形电流互感器铁芯夹在避雷器的接地线上，不需拆断接地线。由于桥式补偿电路或类似的阻性电流测试仪测试时，需从电压互感器二次端子上取运行相电压作为仪器的标准电压，为预防测试过程中若仪器处不慎将电压线短路，影响 CVT 二次电压的正常工作，应采用光电绝缘式电压监测盒的阻性电流测试仪，或在 CVT 二次电压端子上并联一个高阻抗分压器的方法进行标准电压取样。现场实践证明，采用在 CVT 二次端子上并联的高阻抗分压器低压臂取标准电压时，即使高阻抗分压器的低压臂发生短路，也不会影响 CVT 二次电压的正常工作。判断避雷器质量情况时，将测得值与初始值相比较，若阻性分量增加到初始值的 1.5 倍时，应适当缩短测量周期；若阻性分量增加到初始值的 2 倍时，应立即停电检查。试验时要记录气象条件，当测试时的环境温度高于或低于测试初始值的环境温度时，应将此时所测的阻性分量电流值进行温度换算后，才能与初始值相比较，温度换算的方法参照 5.4。现场实践表明，对一字形排列的三相 110kV~500kV 金属氧化物避雷器，由于相间杂散电容耦合影响，会对这种测量方法产生误差，应予以注意，解决这种问题的简便办法是：不论影响程度如何，只需将避雷器各自的前后测试数据单独进行比较，按照上述判断依据，一般也能发现问题。目前在此基础上，已研制出采用移相补偿原理的阻性电流测量仪器，能基本上消除相间电容干扰的影响。

还有一种是不需用运行相电压，采用三次谐波电流原理制成的仪器，接线方式见图 9。试验时在避雷器接地线侧放电记录器盒 (TXB 型) 的电流互感器二次引出端子上，接上测试仪的匹配器，经测量电缆接到测试仪，可测出泄漏电流的平均值、峰值和三次谐波分量的峰值百分数。此测试仪不需接入 CVT 的二次电压，现场使用比较方便，但受电网电压谐波影响较大。测量时应记录各相对地电压。判断避雷器质量情况时，在相同条件下，测得的数值三相相差较大时，建议停电检查。现场实践表明，在电气化铁路沿线的变电站或有整流源的场所，电网电压谐波的影响使得采用三次谐波电流原理制成的仪器无法测出避雷器的劣化情况，因此在这些场所不宜使用这类仪器进行避雷器质量的判断。

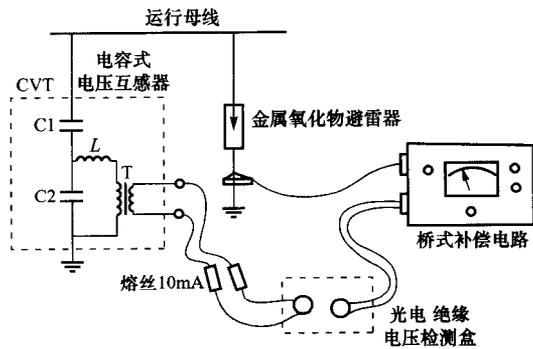


图8 桥式补偿电路测量泄漏电流原理接线图

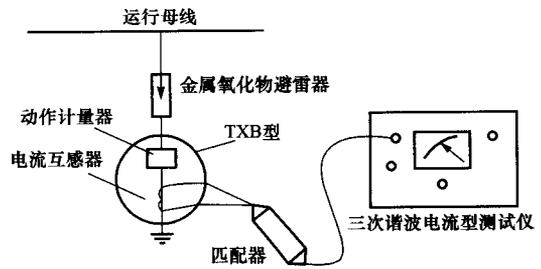


图9 三次谐波电流型泄漏电流测试仪原理接线图

目前常用的带电监测金属氧化物避雷器泄漏电流的专用仪器原理见附录 B。

8.2 采用红外线测温仪对金属氧化物避雷器进行带电监测

红外线测温仪的原理是通过传感器感应出避雷器表面的温度变化,通过对避雷器的纵向和横向的温差或温升比较进行避雷器运行质量的判断。

现场实践表明,避雷器劣化引起表面温度场的变化是比较细微的,所以现场需要仔细对避雷器热像图进行分析,并进行纵向、横向的比较,在同全电流泄漏电流检测相结合时,可以对故障相(节)避雷器的故障性质做出初步判断。

9 密封情况检查

对 FZ、FCZ、FCD 和较高电压等级的金属氧化物避雷器进行解体大修后,应进行密封试验。将避雷器内腔抽真空(380~400)×133.3Pa,在 5min 内其内部气压的增加不应超过 133.3Pa。

10 阀型避雷器放电记录器的检查

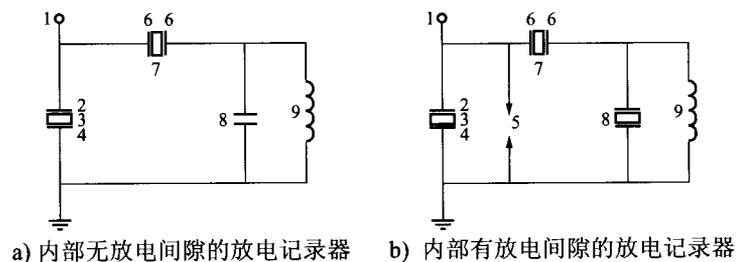
10.1 常用放电记录器

常用的阀型避雷器放电记录器有两种,它们的电气接线如图 10 所示。

10.2 检查方法

10.2.1 采用专门的能产生模拟标准雷电流、电压的避雷器放电记录器校验仪,对放电记录器进行放电检查也可以用 2500V 兆欧表对一只 4μF~6μF 电容充电,充好电后,除去兆欧表接线,将电容器对记录器放电,观察动作情况。

10.2.2 用万用表测量记录器整体电阻并与同类型记录器比较。



a) 内部无放电间隙的放电记录器 b) 内部有放电间隙的放电记录器
1—接线端子; 2—铜片; 3—阀片 R1; 4—铁片或外壳; 5—放电间隙;
6—铜片; 7—阀片 R2; 8—电容器; 9—记录器线圈

图 10 两种常用的放电记录器电气接线图

附录 A
(资料性附录)

低压(220V、380V)金属氧化物避雷器试验方法

A.1 用 500V 兆欧表测量阀片电阻值,如读数在 $0.5\text{M}\Omega$ 以上说明正常;如读数为 0,说明阀片已坏;如读数为无穷大,说明熔丝已断,避雷器不能使用。

A.2 对低压避雷器施加直流电压,用直流毫安表和电压表测量避雷器的泄漏电流和 $U_{1\text{mA}}$,对于 220V 避雷器, $U_{1\text{mA}} \geq 500\text{V}$;对于 380V 避雷器, $U_{1\text{mA}} \geq 800\text{V}$ 为正常。

附录 B (资料性附录)

金属氧化物避雷器试验用仪器仪表原理简介

B.1 使用电子示波器测量金属氧化物避雷器的交流泄漏全电流 I_x 、阻性电流分量 I_r 和容性电流分量 I_c 时，按图 B.1 所示的接线方法进行。阻性电流分量以峰值表示，全电流和容性电流分量考虑可能受电压谐波的影响，也用峰值表示。图 B.1 (a) 为采用双踪电子示波器，通过适当的分压器和分流器，将避雷器的电压和电流信号接入示波器，在一个完整的示波图中（图 B.2），可以测得电压 U 、全电流 I_x 、容性电流分量 I_c 和阻性电流分量 I_r 各波形，当电压瞬时值为 0 和 U_m 时，相应的电流瞬时值，即分别代表容性电流分量峰值 I_{cm} 和阻性电流分量峰值 I_{rm} 。图 B.1 (b) 为采用单踪电子示波器的测量接线图，可利用电容器 C_1 （标准电容器或 $\tan\delta$ 很小的油浸纸电容器）所串接的可变电阻器，适当调节电阻值，达到补偿容性电流分量的目的，在 BE 端测得的最小值为 I_{rm} 值。在 AE 端可测得 I_x 或 I_{cm} 值。 I_{cm} 通常与 I_x 基本相同。

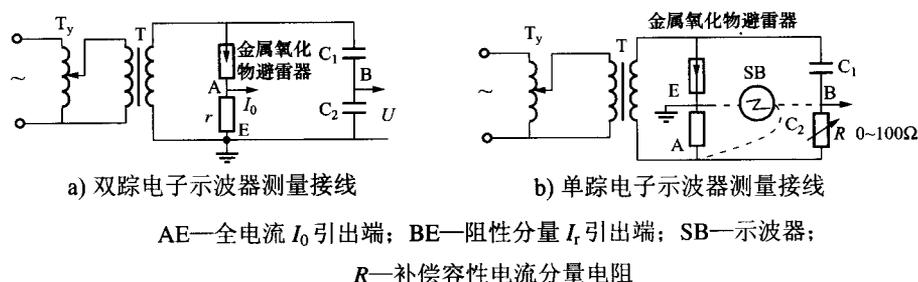


图 B.1 测量金属氧化物避雷器交流泄漏电流接线图

此方法也可适用于变电所现场在某些停电情况下对金属氧化物避雷器进行试验。

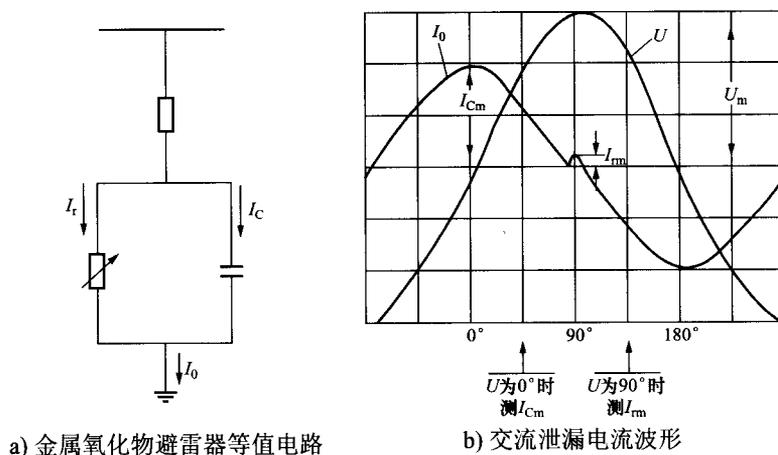


图 B.2 金属氧化物避雷器等值电路和交流泄漏电流波形

专门用来测量金属氧化物避雷器阻性电流分量的专用仪器（电路图见图 7），基本接线与图 B.1 (b) 相似，当可变电阻器 R1 的活动端子处于地线测零值时，仪表 M 测得的为全电流值（或容性电流值），适当向上移动 R1 活动端子，把 R1 上的容性电流的压降来补偿避雷器中容性电流 R2 上的压降，仪表 M 显示最低值，此最低值即为阻性电流分量（峰值）。M 可做成指针式电子仪表，或者用电子示波器（双

通道，工况：A 通道—B 通道）。

试验前，将电子示波器两个通道的输入端同时接到分压器的输出电压，调节两个通道的“水平位移”，使两个电压波形完全重合。然后保持“水平位移”不动，恢复正常接线，开始正式试验。

B.2 带电监测金属氧化物避雷器阻性电流专用仪器的工作原理

- a) 同时需用运行相电压的桥式补偿电路或类似的电子仪器。桥式补偿电路泄漏电流测试仪的原理接线图见图 8，其工作原理是自钳形电流互感器夹取得的泄漏电流输入仪器中的放大器，自母线取得的二次电压作为标准电压进入仪器移相 90° ，使其与泄漏电流中的容性电流分量同相，将容性电流分量自动抵消掉，剩余下的即为泄漏电流的阻性分量，由指示仪表显示其峰值。
 - b) 不需用运行相电压，采用三次谐波电流原理制成的仪器。三次谐波电流测试仪的原理接线图见图 9，其工作原理是从避雷器总电流中检出三次谐波分量 i_3 的峰值，假定 $i_3 = i_{r3}$ ，然后根据 i_{r3} 与阻性电流 i_r 的经验关系得到阻性电流峰值，它的基础是电压不含谐波分量或很小。由于使用三次谐波法测试仪受系统电压中谐波分量的影响很大，当谐波分量较大时，仪器的误差可达百分之百到百分之几百。
-